

## PEKERJAAN PEMASANGAN BEKISTING KOLOM DENGAN MENGGUNAKAN METODE SPAR-H DI PROYEK KONSTRUKSI

Wulan Dwi Rahmawati<sup>1)</sup>, Rina Sandora<sup>2)</sup>, Vivin Setiani<sup>3)</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111

<sup>2,3</sup>Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111

E-mail: wulandwi\_rahmawati@yahoo.co.id

### Abstract

*Construction Project is a project engaged in the development. Based on the work accident data of 2017, the highest accident is on the work of mounting the formwork column with human error as the dominant cause. Potential hazards posed in construction projects such as falling, falling material and scratched. The aim of this research is to analyze the probability of human error towards works in order to minimize the work accidents. The method which is used in this research is Standardized Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment (SPAR-H). Hierarchical Task Analysis is made based on a work instruction to determine Human Error Probability (HEP) at each job steps. The expert performs assessment according to the questionnaire and guidance of SPAR-H method. The highest HEP value in the process of installation of the formwork of the column is on the task of 5.2 erection formwork with HEP value 0.9843, second on the 5.7 demolition task with HEP value 0.8899, and third on the task 5.3 installation of formwork and 4.4 connect column with the value of HEP 0, 7241. To identify the possible consequences, it is necessary to do an assessment impact. HEP is used to determine likelihood and severity assessment which is performed by the expert, in order to know the risk rating of each task. Task with high (H) risk rating were analyzed by using the Fault Tree Analysis (FTA) method which was obtained with recommendations : provide barrier for fall arrest, do training to workers on installation of formwork column, do the checklist, and management of PPE.*

**Keywords :** Fault Tree Analysis (FTA), Formwork Column, Human Error, Human Error Probability (HEP), SPAR-H.

### Abstrak

Proyek Konstruksi merupakan proyek yang bergerak di bidang pembangunan. Berdasarkan data kecelakaan kerjatanahun 2017, kecelakaan tertinggi ialah pada pekerjaan pemasangan bekisting kolom dengan *human error* sebagai penyebab dominan. Potensi bahaya yang ditimbulkan di proyek konstruksi seperti terjatuh, kejatuhan material dan tergores. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa probabilitas *human error* terhadap pekerja untuk meminimalisasi terjadinya kecelakaan kerja. Metode yang digunakan adalah *Standardized Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment* (SPAR-H). *Hierarchical Task Analysis* dibuat berdasarkan *work instruction* untuk menilai *Human Error Probability* (HEP) pada tiap tahapan pekerjaan. Penilaian dilakukan oleh *expert* sesuai kuesioner dan panduan metode SPAR-H. Nilai HEP tertinggi pada proses pekerjaan pemasangan bekisting kolom yaitu pada task 5.2 *erection* bekisting dengan nilai HEP 0,9843, kedua pada task 5.7 pembongkaran dengan nilai HEP 0,8899 dan ketiga pada task 5.3 pemasangan bekisting dan 4.4 penyambungan kolom dengan nilai HEP 0,7241. Kemudian dilakukan penilaian dampak (*impact assessent*) untuk mengidentifikasi konsekuensi yang mungkin terjadi. Nilai HEP digunakan untuk menentukan *likelihood* dan penilaian *severity* dilakukan oleh *expert* untuk mengetahui *risk rating* pada setiap *task* pekerjaan. *Task* dengan *risk rating high* (H) dianalisa menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) yang menghasilkan rekomendasi memberikan *barrier* untuk penahan jatuh, pelatihan pekerja tentang pemasangan bekisting kolom, melakukan checklist, manajemen APD.

**Katakunci** : *Fault Tree Analysis (FTA), Human Error, Human Error Probability (HEP), Impact Assessment, Pemasangan Bekisting Kolom, SPAR-H.*

## PENDAHULUAN

Pekerjaan pemasangan bekisting kolom sangat berpotensi untuk menyebabkan *human error*. Berdasarkan data kecelakaan kerja pada proyek konstruksi menunjukkan bahwa kecelakaan tertinggi disebabkan oleh pekerjaan pemasangan bekisting kolom yaitu sebesar 38%. Agar kecelakaan kerja dapat dikurangi sehingga yang ditimbulkan juga dapat diminimalisir maka perlu dilakukan analisa mengenai terjadinya *Human Error* dalam tiap tahapan task (tugas) pekerjaan dalam hal ini pekerjaan yang memiliki presentase kecelakaan kerja tertinggi di proyek konstruksi yaitu pekerjaan pemasangan bekisting kolom.

Penelitian ini akan melakukan pengukuran reliabilitas pekerja untuk mengukur risiko kecelakaan kerja yang disebabkan oleh *human error* dengan menggunakan metode *Standardized Plan Analysis Risk Human Reliability Assessment (SPAR-H)*.

Berdasarkan permasalahan tersebut dilakukan penelitian analisis probabilitas *human error* pada proses pekerjaan pemasangan bekisting kolom dengan menggunakan metode SPAR-H kemudian melakukan analisis resiko dengan menggunakan *risk rating*. Hasil *risk rating high (H)* kemudian dianalisis penyebab kegagalan menggunakan FTA di proyek konstruksi.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada proyek konstruksi mengenai *human error* pada pemasangan bekisting kolom. Kemudian dilakukan studi literatur. Langkah selanjutnya yaitu mengumpulkan data primer dan data sekunder. Data primer berupa penyebaran kuesioner metode SPAR-H pada pekerja pemasangan bekisting kolom sehingga didapatkan nilai probabilitas *human error* tertinggi pada proses pekerjaan pemasangan bekisting kolom. Data sekunder berupa data kecelakaan serta data instruksi kerja proses pemasangan bekisting kolom. Apabila nilai yang diperoleh dalam penelitian ini tinggi maka dilakukan rekomendasi untuk proses pemasangan bekisting kolom.

### Penyusunan Hierarchical Task Analysis

Data instruksi kerja pekerjaan pemasangan bekisting kolom yang telah diperoleh dari perusahaan kemudian dianalisis menggunakan HTA (*Hierarchical Task Analysis*). Data tersebut meliputi peralatan yang digunakan, pelaksana, petunjuk kerja dan penyelesaian. Data instruksi kerja tersebut dapat dilihat pada HTA tersebut dijabarkan untuk mengidentifikasi rangkaian proses pekerjaan pemasangan bekisting kolom. Dari HTA tersebut dapat diketahui pola rangkaian pelaksanaan proses pekerjaan pemasangan bekisting kolom. (Whaley, Kelly, Boring, & Galyean, 2012)

### Perhitungan HEP dengan Metode SPAR-H

Dari hasil kuisisioner diperoleh data berdasarkan 8 PSF (*Performance Shaping Factors*) yang kemudian akan dilakukan perhitungan HEP (*Human Error Probabilities*) untuk masing-masing jenis pekerjaan *action/diagnosis* yang memiliki rumus perhitungan yang berbeda. Kemudian didapatkan HEP yang tertinggi dan terendah yang digunakan sebagai acuan rekomendasi hasil.

$PSF_{composite}(diagnosis) = Waktu \text{ yang tersedia} \times Stres \times Kerumitan \times Pengalaman \times Prosedur \times Ergonomi \times Kondisi \text{ pekerja saat bekerja} \times Proses \text{ Kerja}$

$$HEP(diagnosis) = \frac{NHEP \times PSF_{Composite}}{NHEP \times (PSF_{Composite} - 1) + 1}$$

$PSF_{composite}(action) = Waktu \text{ yang tersedia} \times Stres \times Kerumitan \times Pengalaman \times Prosedur \times Ergonomi \times Kondisi \text{ pekerja saat bekerja} \times Proses \text{ Kerja}$

$$HEP(action) = \frac{NHEP \times PSF_{Composite}}{NHEP \times (PSF_{Composite} - 1) + 1}$$

$HEP(action + diagnosis) = HEP(action) + HEP(diagnosis) - [HEP(action) \times HEP(diagnosis)]$

### Faktor Dependency

Metode SPAR-H juga mempertimbangkan factor *dependency*, yaitu menganalisis suatu kegiatan yang terjadi akan berdampak pada rangkaian kegiatan yang terjadi sebelum atau sesudah kegiatan tersebut. Faktor *Dependency* di dapat dari penyebaran kuisisioner yang diisi oleh *expert judgement*.

### Melakukan Impact Assessment (Analisis Dampak)

Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi konsekuensi atau dampak yang mungkin terjadi dari pekerjaan yang dilakukan. Pertama melakukan Identifikasi *error* dari masing-masing *task* pada pekerjaan pemasangan bekisting

kolom, kedua melakukan *risk assessment* atau penilaian risiko untuk menentukan *risk rating* dari masing-masing *task* pada pekerjaan pemasangan bekisting kolom.

#### Mengidentifikasi Penyebab Kegagalan pekerjaan Dengan Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)

Dari hasil *risk rating* dengan kategori high kemudian dilakukan analisis penyebab kegagalan yang menyebabkan kecelakaan pada pemasangan bekisting kolom dengan menggunakan FTA

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil penyusunan *Hierarchical Task Analysis*

Tabel 1.  
Hasil Penyusunan *Hierarchical Task Analysis*

<i>Task Analysis</i>		<i>Sub Task Analysis</i>
a P e r s i a p a n	1.1	Melakukan pengecekan lokasi sebelum bekerja
	1.2	Persiapan Dokumen
	1.2.1	Menyiapkan Surat Ijin Bekerja
	1.3	Menyiapkan material scaffolding
	1.3.1	Melakukan pemasangan <i>Scaffolding</i>

Sumber : Work Instruction dan wawancara pada bekisting kolom

pekerjaan pemasangan bekisting kolom memiliki 5 task pokok yaitu persiapan terdiri dari 12 elemen kerja, pemakaian APD yang terdiri dari 5 elemen kerja, pengecekan yang terdiri dari 4 elemen kerja, proses pemasangan besi (pembesian) yang terdiri dari 6 elemen kerja, proses pasang bekisting yang terdiri dari 7 elemen kerja.

#### Pengolahan Data Realibilitas dengan metode SPAR-H

Tabel 2  
Hasil Perhitungan Reliabilitas

<i>Factor multiplier</i>	<i>Task Step</i>				
	1.1	1.2.1	1.3.1	1.3.2	1.3.3
waktu yang tersedia	1	1	1	1	1
Stres	1	1	1	1	1
Kerumitan	1	1	2	1	1
Pengalaman	1	1	1	1	1
Prosedur	20	5	20	5	20
Ergonomi	1	1	1	1	1
kondisi pekerja saat bekerja	1	1	1	1	1
proses kerja	1	1	1	1	1
<i>PSF Composite</i>	20	5	40	5	20
<i>NHEP action</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<i>NHEP diagnosis</i>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
<i>HEP action</i>	0,020	0,005	0,038	0,005	0,020
<i>HEP diagnosis</i>	0,168	0,048	0,288	0,048	0,168
<i>HEP total</i>	0,184	0,053	0,315	0,053	0,184

Sumber: Data Penulis, 2018.

Nilai HEP tertinggi adalah pada tahap proses pasang bekisting yaitu pada task 5.2 *erection* bekisting dengan nilai HEP 0,9843, kedua pada task 5.7 pembongkaran dengan nilai HEP 0,8899, dan ketiga pada task 5.3 pemasangan bekisting dan 4.4 penyambungan kolom dengan nilai HEP 0,7241. Elemen kerja 5.2, 5.7 dan 5.3 memiliki HEP tinggi karena proses pekerjaan tersebut memiliki kesulitan dalam proses *erection* bekisting karena terletak pada ketinggian dan harus menggunakan *crane*

### Hasil Perhitungan Faktor Dependency

Tabel 3  
Hasil Perhitungan Faktor Dependency

Task	Pekerja	Waktu	Lokasi	Prosedur	Dependency	Nilai Dependency
1.1	S	C	s	a	Lengkap	1,00
1.2.1	D	C	s	a	Sedang	0,19
1.3.1	D	Nc	s	a	Rendah	0,36
1.3.2	D	C	s	a	Sedang	0,19
1.3.3	D	Nc	s	a	Rendah	0,23
1.3.4	D	C	s	a	Sedang	0,59
1.3.5	D	C	s	a	Sedang	0,21

Sumber: Data Penulis, 2018.

Berdasarkan hasil *factor dependency* dihasilkan nilai *dependency* rendah lebih sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa faktor-faktor *dependency* cukup bagus sehingga tidak membawa dampak yang buruk terhadap hasil PSF.

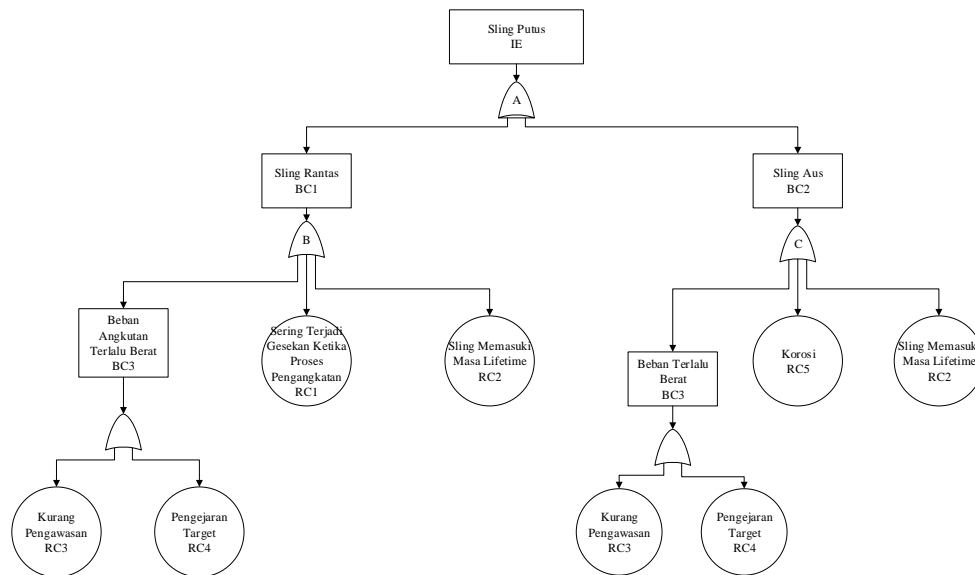
### Hasil Impact Assessment

Tabel 1  
Hasil Impact Assessment

Task Analysis	Sub Task Analysis	Possible Error	Akibat	Total HEP	Likelihood	Severity	Risk Rating
Persiapan	1.1 Melakukan pengecekan lokasi sebelum bekerja	tidak melakukan pengecekan lokasi sebelum bekerja	lokasi kerja sulit dijangkau, peralatan yang dipersiapkan tidak sesuai	0,184	1	1	LOW
	1.2 Persiapan Dokumen						
	1.2.1 Menyiapkan Surat Ijin Bekerja	tidak membuat SIB	operator tidak mengetahui potensi bahaya pekerjaan	0,053	1	1	LOW
	1.3 Menyiapkan material scaffolding						
	1.3.1 Melakukan pemasangan Scaffolding	tidak berhati-hati saat melakukan pemasangan	robok, pekerja tertimpa scaffolding	0,315	2	2	LOW

Sumber: Data Penulis, 2018.

Dari hasil risk rating pada setiap task pekerjaan terdapat 3 sub task analysis yang mempunyai risk rating high yang dapat menyebabkan kegagalan pada pekerjaan pemasangan bekisting kolom.



Sumber : Data Penulis, 2018.

## KESIMPULAN

Nilai HEP tertinggi pada proses pekerjaan pemasangan bekisting kolom yaitu pada task 5.2 *erection* bekisting dengan nilai HEP 0,9843, kedua pada task 5.7 pembongkaran dengan nilai HEP 0,8899, dan ketiga pada task 5.3 pemasangan bekisting dan 4.4 penyambungan kolom dengan nilai HEP 0,7241. Pada pekerjaan pemasangan bekisting kolom untuk analisis *Hierarchical Task Analysis* (HTA) terdapat 34 task step, 3 diantaranya memiliki *risk rating High* (H) yang berpotensi mengakibatkan kecelakaan kerja. Berdasarkan identifikasi penyebab kegagalan pada FTA, terdapat 3 *top event* yaitu *sling* putus, pembesian roboh, bekisting roboh. Pada *top event* *sling* putus terdapat 4 penyebab kegagalan yang dapat menyebabkan kemungkinan terjadinya kecelakaan yaitu *sling* memasuki masa *lifetime*, kurang pengawasan, pengejaran target dan korosi. Rekomendasi untuk mengurangi *human error* pada pekerjaan pemasangan bekisting kolom dapat dilakukan sesuai dengan pengendalian risiko berdasarkan OHSAS 18001:2007 untuk mengurangi HEP tertinggi yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja. antara lain : control teknik dengan cara memberikan *barrier* untuk menahan benda jatuh seperti pemasangan *safety net*, memberikan pelatihan / *training* dan sosialisasi kepada para pekerja yang berhubungan dengan pemasangan bekisting kolom serta melakukan *checklist* rutin untuk pekerjaan pemasangan bekisting kolom yang dilaksanakan setiap minggu. Melakukan manajemen APD serta inspeksi rutin APD yang digunakan pekerja agar apabila ada yang mengalami kerusakan dapat dilakukan penggantian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Barati, R., & Setayeshi, S. (2012). Human reliability analysis of the Tehran research reactor using the SPAR-H method. *Nuclear Technology and Radiation Protection*, 27(3), 319–332. <https://doi.org/10.2298/NTRP1203319B>
- Bell, J., & Holroyd, J. (2009). Review of human reliability assessment methods Review of human reliability assessment methods.
- Boring, R. L., & Gertman, D. I. (2004). *Human Error and Available Time in SPAR-H*, (April), 1–4.
- Gertman, D., Blackman, H., Marble, J., Byers, J., & Smith, C. (2005a). The SPAR-H human reliability analysis method. *US Nuclear Regulatory Commission*, 2005, 230.
- Gertman, D., Blackman, H., Marble, J., Byers, J., & Smith, C. (2005b). The SPAR-H Human Reliability Analysis Method. *Idaho National Laboratory*, (NUREG/CR-6883 INT/EXT-05-00509), 230. [https://doi.org/10.1016/0951-8320\(92\)90032-G](https://doi.org/10.1016/0951-8320(92)90032-G)
- Lembaran, T., & Republik, N. (1993). Peraturan menteri no. 04 th 1993, (4).
- Pasaribu, U. M., Tambunan, M. M., & Wahyuni, D. (2014). Identifikasi *Human Error* Berdasarkan Pendekatan

Cream Dan Usulan Perbaikan Dengan Metode Poka-Yoke, 2(1), 18–23.

Skjong, R., & Wentworth, B. H. (2001). Expert Judgment And Risk Perception, *IV*.

Swain, A. D., & Guttman, H. E. (1983). Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications (NUREG/ CR-1278). *U.S. Nuclear Regulatory Commission*, (August), 728.  
<https://doi.org/10.2172/5752058>

Whaley, A. M., Kelly, D. L., Boring, R. L., & Galyean, W. J. (2012). SPAR-H Step-by-Step Guidance.

Wijaya, Y. P., Alexander, S., & Noya, T. (2013). Application of FTA and SPAR-H Method to Control Work Accident at PG . Krebet Baru.

(Barati & Setayeshi, 2012; Boring & Gertman, 2004; Gertman, Blackman, Marble, Byers, & Smith, 2005a; Gertman et al., 2005b; Pasaribu, Tambunan, & Wahyuni, 2014; Skjong & Wentworth, 2001)